

## Qualidade da água de uma nova tecnologia social de tratamento de água cinza

Water quality of a new social gray water treatment technology

Calidad del agua de una nueva tecnología social de tratamiento de aguas grises

Recebido: 10/04/2023 | Revisado: 25/04/2023 | Aceitado: 26/04/2023 | Publicado: 30/04/2023

### **Camila Tainá dos Santos Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7627-8859>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [camila.taina.santos07@aluno.ifce.edu.br](mailto:camila.taina.santos07@aluno.ifce.edu.br)

### **Francisco Gauberto Barros dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4798-074X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [gauberto@ifce.edu.br](mailto:gauberto@ifce.edu.br)

### **Francier Simião da Silva Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9594-9731>

Associação Cristã de Base, Brasil

E-mail: [eng.simiao@hotmail.com](mailto:eng.simiao@hotmail.com)

### **Luis Nery Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9693-6190>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [luis.nery@ifce.edu.br](mailto:luis.nery@ifce.edu.br)

### **Aparecida Rodrigues Nery**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-199X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [Aparecida.nery@ifce.edu.br](mailto:Aparecida.nery@ifce.edu.br)

### **Maria Viviane Palmeira da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6840-6902>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [maria.viviane.palmeira@aluno.ifce.edu.br](mailto:maria.viviane.palmeira@aluno.ifce.edu.br)

### **Samuel Luiz Leite dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8444-1801>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [saumel.luiz.leite01@aluno.ifce.edu.br](mailto:saumel.luiz.leite01@aluno.ifce.edu.br)

### **Resumo**

O reuso de efluentes, principalmente a água cinza, após tratamento adequado, surge como alternativa viável a possível insuficiência de água, principalmente no semiárido. O presente trabalho tem como objetivo, avaliar a qualidade microbiológica e físico-química da água cinza submetida ao tratamento em uma nova tecnologia social: o 'Olho d'água cinza' e as possibilidades de uso na irrigação da agricultura familiar e dessedentação de animais. O estudo foi realizado durante o período de três anos (2020 a 2022) em uma área de agricultura familiar pertencente a um associado da Associação Cristã de Base (ACB), localizada na Serra da Minguiriba (Chapada do Araripe), zona rural do Crato-Ceará. Foram coletadas amostras de água antes e após tratamento, sendo realizadas análises químicas, físicas e microbiológicas. Em todas as análises não foram detectados *E. coli* e os parâmetros como pH, nitrato, nitrito, cálcio, magnésio, ferro, cloretos condutividade elétrica, turbidez, odor, atenderam as exigências da legislação nacional. Os resultados comprovam a eficiência do sistema 'Olho d'água cinza' indicando possibilidade de reuso da água cinza em sistemas de irrigação da agricultura familiar e na dessedentação de animais silvestres e domésticos. A Tecnologia social como o 'olho d'água cinza' é de extrema importância para o semiárido, principalmente para contribuir com desenvolvimento sustentável, potencializar a agricultura familiar, reduzir cargas poluentes emitidas em corpos receptores e contribuir para saúde da família rural.

**Palavras-chave:** Olho d'água cinza; Irrigação; Dessedentação animal; Sustentabilidade.

### **Abstract**

The reuse of effluents, mainly gray water, after adequate treatment, appears as a viable alternative to a possible lack of water, mainly in the semi-arid region. The present work aims to evaluate the microbiological and physical-chemical quality of gray water submitted to treatment in a new social technology: the 'Olho d'água grey' and the possibilities of use in irrigation of family agriculture and watering of animals. The study was carried out over a period of three years (2020 to 2022) in a family farming area belonging to an associate of the Associação Christian de Base (ACB), located in Serra da Minguiriba (Chapada do Araripe), rural area of Crato- Ceará. Water samples were collected before and after treatment, and chemical, physical and microbiological analyzes were carried out. In all analyses, fecal coliforms were not detected and parameters such as pH, nitrate, nitrite, calcium, magnesium, iron, chlorides, electrical conductivity,

turbidity, odor, met the requirements of national legislation. The results prove the efficiency of the 'Olho d'água grey' system, indicating the possibility of reuse of gray water in irrigation systems of family agriculture and in the watering of wild and domestic animals. Social technology such as the 'grey water eye' is extremely important for the semi-arid region, mainly to contribute to sustainable development, enhance family farming, reduce pollutant loads emitted in receiving bodies and contribute to the health of the rural family.

**Keywords:** Gray water eye; Irrigation; Animal watering; Sustainability.

### Resumen

La reutilización de efluentes, principalmente aguas grises, luego de un tratamiento adecuado, aparece como una alternativa viable ante una posible falta de agua, principalmente en la región semiárida. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad microbiológica y físico-química de las aguas grises sometidas a tratamiento en una nueva tecnología social: el 'Olho d'água gris' y las posibilidades de uso en riego de la agricultura familiar y abrevadero de animales. El estudio se llevó a cabo durante un período de tres años (2020 a 2022) en un área de agricultura familiar perteneciente a un asociado de la Associação Christian de Base (ACB), ubicada en Serra da Minguiriba (Chapada do Araripe), área rural do Crato- Ceará. Se tomaron muestras de agua antes y después del tratamiento y se realizaron análisis químicos, físicos y microbiológicos. En todos los análisis no se detectaron coliformes fecales y parámetros como pH, nitrato, nitrito, calcio, magnesio, hierro, cloruros, conductividad eléctrica, turbidez, olor, cumplieron con los requisitos de la legislación nacional. Los resultados prueban la eficiencia del sistema 'Olho d'água grey', indicando la posibilidad de reutilización de aguas grises en sistemas de riego de la agricultura familiar y en el abrevadero de animales silvestres y domésticos. La tecnología social como el 'ojo de aguas grises' es de suma importancia para el semiárido, principalmente para contribuir al desarrollo sostenible, potenciar la agricultura familiar, reducir las cargas contaminantes emitidas en los cuerpos receptores y contribuir a la salud de la familia rural.

**Palabras clave:** Ojo de agua gris; Riego; Abrevadero; Sustentabilidad.

## 1. Introdução

Nos últimos anos é crescente a preocupação com a disponibilidade dos recursos hídricos, de boa qualidade, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do planeta. Isso levanta questões importantes como uso e reuso consciente da água, sobretudo, que garanta a segurança hídrica para as gerações futuras. O reuso da água é uma técnica fundamental principalmente em regiões que apresentam instabilidade climática como o semiárido, por proporcionar resultados satisfatórios quando utilizados para fins agrícolas, garantindo ainda o uso adequado e maior economia dos recursos hídricos (Santos et al., 2020).

As questões relacionadas aos recursos hídricos ocupam, hoje, uma significativa parcela dos investimentos e esforços administrativos de todos os segmentos da atividade econômica. A preocupação com os recursos hídricos deixou de ser um modismo, para ser uma das ferramentas gerenciais das organizações (Barros et al., 2015). Estimativas mais recentes apontam que o Brasil possui entre 12% e 16% das águas doces do planeta. Esta situação, porém, é complexa, porque o país apresenta grandes diferenças biogeográficas, econômicas e sociais em seu território e, portanto, os volumes da água per capita variam bastante, considerando-se a distribuição de água e a densidade da população (Matsumura-Tundisi, 2020).

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2020), a demanda mundial de água aumentou em seis vezes nos últimos cem anos e vem crescendo a uma taxa constante de 1% ao ano. Não obstante, Oliveira e Lovo (2018) afirmam que, devido à má administração e às atitudes humanas em relação à água, está cada vez mais difícil encontrá-la em quantidade e qualidade satisfatórias, pois, ainda que o volume total que participa do ciclo hidrológico não se altere, pode-se mudar sua qualidade e distribuição.

Diante de dados tão desfavoráveis, o conceito de sustentabilidade e a importância de soluções que visam o reuso da água ganham ainda mais relevância. A eficiência no uso da água pode auxiliar na resolução dos diversos problemas de escassez e ainda estabilizar e garantir a produção, contudo, torna-se necessário um tratamento eficaz, aliando técnicas de tratamentos eficientes e práticas econômicas (Henz et al., 2016).

O semiárido brasileiro sofre com escassez de água, e esse recurso é limitante principalmente no segundo semestre do ano que tem baixo índice pluviométrico. O reuso de "água cinza" pode ser uma opção estratégica e viável para a produção agrícola, garantindo maior oferta de água e evitando o despejo de esgoto a céu aberto (Rosal et al., 2021). De acordo com Feitosa

(2016), o reuso de água na agricultura pode ser observado em diversos países, em que a sua utilização proporciona um ganho econômico e ambiental, através da redução do uso da água de qualidade superior e insumos agrícolas como fertilizantes.

O reuso da água na agricultura irrigada é uma excelente alternativa que contribui na economia da água potável, aumenta a produtividade agrícola e é ambientalmente sustentável, pois minimiza os impactos ambientais uma vez que essa técnica permite um destino apropriado da água que antes seria descartado no solo e conseqüentemente lixiviada até os rios ou aquíferos promovendo contaminação.

Diante do exposto, no município do Crato-CE, uma organização não governamental denominada Associação Cristã de Base (ACB) em parceria com o Instituto Federal do Ceará – IFCE Campus Crato idealizaram no ano de 2019 uma nova tecnologia de reuso de água cinza denominada “Olho d’água cinza” para utilização em irrigação na agricultura familiar, visando também a dessedentação dos animais domésticos e silvestres.

O presente trabalho tem como objetivo, avaliar a qualidade microbiológica e físico-química da água cinza submetida ao tratamento em uma nova tecnologia social denominada “olho d’água cinza” e as possibilidades de uso na irrigação da agricultura familiar e dessedentação de animais.

## 2. Metodologia

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado durante o período de três anos (2020 a 2022) em uma área de agricultura familiar pertencente a um associado da ACB, localizada na Serra da Minguiriba (Chapada do Araripe), zona rural do Crato-Ceará. Possui as seguintes coordenadas geográficas: latitude 7° 17' 8,01"S, longitude 39° 34' 46,806"W e altitude de 911,3 m (Figura 1).

**Figura 1** - Localização município Crato-CE.



Fonte: Adaptada de [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_mesorregiões\\_e\\_microrregiões\\_do\\_Ceará](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregiões_e_microrregiões_do_Ceará).

A única residência existente na propriedade é abastecida com água proveniente de um poço artesiano na sede do município e transportada em carro pipa com custo pago pelos moradores da casa. Para armazenamento da água conta-se com uma cisterna de placas com capacidade para 21 m<sup>3</sup> que na época da quadra chuvosa é abastecida com águas pluviais. O solo da área de estudo é o Latossolo amarelo de textura argilo-arenosa, relevo plano e o clima da região é do tipo Aw', tropical chuvoso, esta região está sujeita o condições climáticas sub-úmidas e regime pluviométrico muito irregular, uma vez que a distribuição anual das chuvas é caracterizada por uma elevada concentração em poucos meses. A precipitação média mensal no período chuvoso é de 1.033 mm, com temperatura média máxima de 34° C, média mínima de 18° C (INMET, 2022).

São desenvolvidas na propriedade atividades de suínos, caprino, cultivo de horta doméstica e um sistema agroflorestal. A dificuldade hídrica na região é crítica, afetando a irrigação de plantas e dessedentação de animais domésticos e silvestres,

principalmente no segundo semestre do ano. Entretanto a água cinza da residência não tinha aproveitamento e era jogada a céu aberto.

O protótipo da nova tecnologia em fase de certificação sobre o reuso de água cinza “olho d’água cinza” foi, portanto, construído na propriedade em dezembro de 2019 para avaliação de funcionamento, eficiência do tratamento do efluente e análise da qualidade física, química e microbiológica da água. Segundo os critérios adotados pelo edital da Fundação Banco do Brasil (FBB, 2017), Tecnologia social compreende “*produtos, técnicas ou tecnologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções em transformação social*”. Segundo os critérios para certificação adotados pela Fundação do banco do Brasil, a tecnologia social para ser certificada necessita: ter sido implementada há pelo menos um ano, estar ativa e possuir resultados comprovados de transformação social; ter envolvido a comunidade no seu desenvolvimento, implementação ou reaplicação; contemplar no mínimo uma das seguintes dimensões: protagonismo social, respeito cultural, cuidado ambiental, solidariedade econômica.

## 2.2 O “olho d’água cinza”

“Olho d’água cinza” é uma proposta de tecnologia em fase de certificação, e tem como principal diferencial do Bioágua familiar (já certificado), o acréscimo de mais dois equipamentos para filtragem física, química e biológica, incluindo o uso de plantas, garantindo assim, um tratamento mais eficiente e adequado, visando a irrigação de quintais produtivos e como inovação o uso na dessedentação de animais silvestres e domésticos.

A tecnologia “olho d’água cinza” foi idealizada pelo Engenheiro Agrônomo, Francier Simião da Silva Júnior, técnico da ONG Associação Cristã de Base – ACB, em parceria com o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE Campus Crato. A construção do protótipo para avaliação, monitoramento e eventuais correções, foi executada no segundo semestre de 2019, com trabalho participativo e voluntário de técnicos, produtores e discentes do IFCE Campus Crato na Serra da Minguiriba, zona rural do Crato-CE,

O olho d’água cinza é uma tecnologia alternativa inovadora, social, inclusiva, que contribui para a convivência com o semiárido de forma sustentável e econômica de extrema importância para agricultura familiar. Permite a conservação dos recursos hídricos estimulando o uso racional e a conservação da água potável e possibilita tornar exequível o reuso da água das residências. Visa a sustentabilidade do agro ecossistema através da reutilização da água cinza, que para a sociedade é considerada como água de descarte. Tem, de acordo com seu idealizador “*um impacto positivo no desenvolvimento socioeconômico e ambiental com base agroecológica.*”

No ano de 2022, doze unidades dessa tecnologia já estão sendo replicadas nos municípios do Araripe Pernambucano, Araripina, Ipubi, Bodocó e Exu com apoio financeiro do PRODETER do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e executado pela ACB com a parceria do IFCE Campus Crato.

## 2.3 Descrição física do “olho d’água cinza”

O sistema é constituído com semelhanças a um ‘*olho d’água*’, ‘*mina*’ ou fonte e possui os seguintes módulos, conforme relatado pelo idealizador da tecnologia, Francier Simião Silva Junior, para este estudo, conforme descrição abaixo e esquematizado na Figura 2:

a) Caixa de passagem ou de gordura: construída em alvenaria de placas cimento; onde começa o primeiro tratamento de água.

b) Filtro biológico 1: Semelhante à tecnologia social “BioÁgua Familiar” (Farias, 2017), diferenciando em suas estruturas, composição e localização, principalmente por não ser enterrado e sim, acima da superfície do solo. Foi construído com placas



de cimento, telhado, camadas (seixo, brita, areia, composição de raspa de madeira, e húmus de minhoca) e a utilização da minhoca da espécie (*Eisenia fetida*);

c) O filtro biológico 2: Esse é um dos diferenciais e possui sua estrutura de placa de cimento impermeabilizado, 5 camadas filtrantes e uma vegetação na superfície (vegetação em fase de seleção de espécies/famílias). O processo de filtragem é ascendente;

d) Filtro Biológico 3: Também é um dos diferenciais e possui sua estrutura de placa de cimento impermeabilizado, 5 camadas filtrantes e uma vegetação na superfície. A água segue o mesmo processo do filtro biológicos 2. A diferença está em uma manilha de concreto armado colocada no centro entre as plantas que caracteriza o “Olho D’água Cinza”, em que a água fica disponível para dessedentação de abelhas, pássaros e roedores, entre outros animais da fauna local;

e) Tanque de armazenamento ou intermediário; tem as dimensões de 1.5 m de diâmetro e 1.5 de profundidade e na sua parte superior possui uma calçada circular que com o propósito de captação de água da chuva. Utiliza também placas de cimento e tampa de concreto;

f) Quintal produtivo agroecológico; adequado à realidade do local onde está inserido. O quintal tem a dinâmica das práticas agroecológicas com os plantios de plantas nativas, hortaliças, ervas medicinais e frutíferas;

g) Sistema de irrigação por gotejamento.

**Figura 2** - Imagens esquemática do ‘olho d’cinza’. Filtro biológico 1 (A); Filtro biológico 2 (B); Filtro biológico 3 (C) e anque de armazenamento ou intermediário (D).



Fonte: Autores (2022).

Após a conclusão da instalação da tecnologia em janeiro de 2020, os trabalhos de acompanhamento foram iniciados, observando principalmente o movimento gravitacional do efluente na passagem pelos filtros e posterior armazenamento no tanque final. Poucas correções foram necessárias e o procedimento avaliado como prático, normal e funcional. Em março de 2020, previsto para iniciar as análises laboratoriais de água da tecnologia, fomos surpreendidos pela paralisação das atividades socioeconômicas no Brasil, por conta da epidemia da COVID 19, o que impossibilitou de momento os trabalhos previstos.

Em outubro de 2020, em caráter excepcional por conta da pandemia COVID-19, foi realizada uma análise microbiológica da água no Laboratório de Águas e Bebidas/Cromatografia Líquida, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambuco - campus Petrolina em um trabalho de parceria entre os campi. Foram determinados coliformes a 35° C e coliformes a 45° pelo método dos tubos múltiplos de acordo com o Manual Prático de análise de água – Fundação Nacional de Saúde (Brasil, 2013).

A periodicidade das coletas foi anual e além do ano de 2020 nos anos seguintes, 2021 e 2022 foram realizadas novas coletas e análises:

- a) microbiológicas (coliformes a 35° C e coliformes a 45°) pelo Método Presença / Ausência (P/A);
- b) físico-química (nitrato, nitrito, alumínio, manganês, sólidos totais dissolvidos, pH, turbidez, cloro residual, odor, sulfeto de hidrogênio e alcalinidade total e demanda bioquímica de oxigênio -DBO;
- c) água para irrigação (pH, cálcio, magnésio, cloretos, nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica, carbonatos, nitrato, dureza total e ferro total).

As análises foram realizadas junto ao laboratório de Tecnologia em Saneamento Ambiental – LATECSAM DE Juazeiro do Norte/CE.

Os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017) e Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (Silva e Oliveira, 2001) e do Manual de Métodos de Análises Microbiológicas da Água (Silva et al., 2005).

As coletas de água para análises eram realizadas sempre em dois pontos: na caixa de armazenamento, logo após a caixa de gordura representando o efluente bruto e no tanque de armazenamento final, logo após os tanques de filtragem, representando a água tratada na tecnologia em questão. Os dados das análises apresentados para o ano de 2020 representam a única análise que foi possível realizar por conta da pandemia e para os anos de 2021 e 2022 representam as médias das análises anuais realizadas.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados das amostras de águas coletadas após a caixa de gordura (pré-tratamento) e pós-tratamento, no tanque de armazenamento final do ‘olho d’água cinza’ submetidas às análises bacteriológicas pelo método quantitativo realizadas em 2020 estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise microbiológica de água pré e pós-tratamento do ‘olho d’água cinza’ em 2020.

| Parâmetros        | ANO 2020         |                 | Legislação Potabilidade (*) |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
|                   | Pré-tratamento   | Pós-tratamento  |                             |
| Coliformes totais | ≥2400 NMP/100 mL | <460 NMP/100 mL | Ausência em 100 mL          |
| <i>E. coli</i>    | ≥2400 NMP/100 mL | Ausente         | Ausência em 100 mL          |

Laboratório de água e Bebidas/Cromatografia Líquida, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambuco - campus Petrolina (\*) Portaria 888/2021 Ministério da Saúde.

Os resultados apresentados na Tabela 1, de acordo com a Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde

(MS, 2021) apontam para a eficiência no tratamento do efluente analisado, mostrando que após o tratamento no ‘olho d’água cinza’ a água alcançou nível de potabilidade para consumo humano para *E. coli*, além de reduzir os coliformes totais em mais de 80%, passando de  $\geq 2400$  NMP/100 mL para  $\geq 460$  NMP/100 mL.

Como um dos objetivos desta tecnologia não é a utilização para consumo humano mas o reuso de água cinza para dessedentação de animais domésticos e silvestres os resultados são muito positivos e veio dar mais segurança ao proprietário no manejo de seus animais na época de maior restrição hídrica.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), recomenda-se para irrigação irrestrita de vegetais a ser ingeridos crus, a contagem de *E. coli* menor que 1.000 NMP/100 mL (OMS,1989). Portanto, quanto ao reuso do efluente para irrigação em culturas que tenham contato com a água, e para dessedentação animal e uso em aquicultura, os resultados atendem também as exigências da Resolução COEMA (Conselho Estadual de Meio Ambiente do estado do Ceará) nº 2 de 2017 (COEMA, 2017) que é uma das legislações mais recentes e rigorosas do mundo.

A utilização dessas águas também aumenta a confiabilidade no abastecimento das lavouras, já que é uma fonte constante de água ao longo do ano, menos dependente da variabilidade climática. Por outro lado, a substituição da água doce para irrigação por águas residuais tratadas permite uma maior disponibilidade de água potável para outros usos chave, como urbano e industrial, ajudando a agricultura a não ter que competir com outros setores pelos mesmos recursos hídricos (Mateo-Sagasta, 2017).

As análises microbiológicas realizadas em pré e pós-tratamento nos anos de 2021 e 2022 pelo método qualitativo estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Análise microbiológica de água pré e pós-tratamento do ‘olho d’água cinza’ em 2021 e 2022.

| Parâmetros        | ANO 2021/2022          |                       | Legislação Potabilidade (*) |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|                   | Pré-tratamento         | Pós-tratamento        |                             |
| Coliformes totais | Presença               | Presença              | Ausência                    |
| <i>E. coli</i>    | Ausência ***           | Ausência***           | Ausência                    |
| DQO**             | 453 mg L <sup>-1</sup> | 95 mg L <sup>-1</sup> | Até 120 mg L <sup>-1</sup>  |

Laboratório LATECSAM Juazeiro do Norte/CE. (\*) Portaria nº 888/2021 Ministério da Saúde. \*\* Demanda Bioquímica de Oxigênio (análise realizada em 2022) \*\*\*Ausência em 100mL.

Para *E. coli* na saída do tratamento: o monitoramento de coliformes totais após a etapa de desinfecção permite avaliar a eficiência desse processo na inativação de bactérias. Sendo assim, o teste de presença ou ausência de coliformes totais é suficiente para atestar a qualidade bacteriológica da água na saída do tratamento, sendo que a presença desses microrganismos indica a necessidade de investigação e execução de medidas corretivas (Brasil, 2016).

As análises bacteriológicas de água realizadas em 2021 e 2022, mostram que não houve contaminação por *E. coli* durante o processo de tratamento no ‘Olho d’água cinza’ atendendo a recomendação para irrigação de culturas que de preferência não tenham contato com a parte aérea da planta (por segurança) e para dessedentação de animais.

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos da caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

A carga de DQO foi drasticamente reduzida de 453 mg. L<sup>-1</sup> para 95 mg.L<sup>-1</sup>, redução de 79,03%, atendendo, inclusive, nível de potabilidade humana para este parâmetro de acordo com a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde cujo limite superior deste parâmetro é de 120 mg.L<sup>-1</sup>. Segundo Arora et al. (2014) certamente, essa eficiência é decorrente da alta capacidade de adsorção promovida pelo leito e da degradação associada às minhocas e aos microrganismos presentes no meio. Os resultados devem-se a esses sistemas serem eficientes na remoção de matéria orgânica, por meio de seu consumo pelas minhocas.

Rothmund e Becker Júnior (2018) explicam que a remoção de DQO dos sistemas por eles estudados acontece em razão

do processo enzimático manifestado no intestino das minhocas, que degrada diversos constituintes químicos não decompostos pelos microrganismos que habitam o sistema de tratamento. No tratamento de águas residuárias, o principal propósito do tratamento é a redução dos sólidos totais suspensos e dissolvidos, da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), da demanda química de oxigênio (DQO), bem como eliminar grande parte dos organismos patogênicos (Rocha, et al., 2010).

Os resultados de análise de água realizada para fins de irrigação estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Análise de água submetida ao tratamento no ‘olho d’água cinza’ para fins de irrigação.

| Parâmetros   | ANO 2021       |                | Valores normais para irrigação (*) |
|--|----------------|----------------|------------------------------------|
|  | Pré-tratamento | Pós-tratamento |                                    |
| pH   | 7,3            | 7,65           | 6,0 – 8,5                          |
| Cálcio (meq L <sup>-1</sup> )                              | NA             | 4,08           | 0 – 20,0                           |
| Magnésio (meq L <sup>-1</sup> )                            | NA             | 1,81           | 0 – 5,0                            |
| Nitrogênio Amoniacal NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) | 4,50           | 0,30           | 0 – 5,0                            |
| Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )               | NA             | 0,15           | 0 – 3,0                            |
| Carbonatos (meq L <sup>-1</sup> )                          | NA             | 0,00           | 0 – 0,10                           |
| Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> ) | 2,0            | 4,30           | 0 – 10,0                           |
| Dureza total CaCO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )       | 259            | 189            | 300                                |
| Ferro Total (mg L <sup>-1</sup> )                          | 0,43           | 0,05           | Até 5                              |
| Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )           | 376            | 98             | 500                                |

Laboratório: LATECSAM Juazeiro do Norte/CE (\*) FAO 1994 \*\* para água potável (temporária) \*\*\* NA- Não Analisado.

De acordo com a Tabela 3, verificamos que os parâmetros da água analisados para fins de irrigação, atendem as exigências e requisitos de acordo com a FAO (1994), não apresentando problema de segurança para o método que venha a ser utilizado, sendo o mais recomendado o localizado no sistema de gotejamento pela eficiência no uso da água.

A CETESB (2010) estabelece um valor máximo para o consumo humano de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>, portanto, por analogia, dentro dos padrões para a dessedentação animal. Os resultados obtidos mostram, segundo Macedo (2002) que as águas pós-tratamento do olho d’água cinza é considerada nesta análise como água dura, necessitando cuidados na irrigação, mas vale ressaltar que o valor elevado no parâmetro dureza é uma variável temporária, portanto reversível.

A faixa de pH adequado à irrigação está entre 6 e 8,5. Segundo Ayers e Westcot (1991), efluentes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos com pH fora dessa faixa poderão causar desequilíbrios nutricionais à planta. O pH da água de irrigação pode influenciar a disponibilidade de elementos químicos no solo e provocar obstrução dos sistemas de irrigação localizada (Franca et al., 2022). Nesse contexto, o pH é uma das principais medidas que indicam a qualidade do tratamento de água. Portanto, para este parâmetro, o resultado das análises se encontra dentro da faixa da recomendação para o uso na irrigação.

Os valores de ferro e Nitrogênio amoniacal total atendem aos valores permitidos pela Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011 (MS, 2011) no que diz respeito a padrões de lançamentos de efluentes.

Apesar dos valores de cálcio, magnésio e nitrato estarem dentro da faixa permitida, os níveis indicam fator positivo para uma fertirrigação natural das plantas a serem cultivadas, reduzindo assim o custo com fertilizantes. De acordo com Mateo-Sagasta (2017) a água de reuso além de ser uma fonte adicional de água para irrigação, também inclui nutrientes valiosos (nitrogênio, fósforo, potássio e outros) que são utilizados pelas plantas e favorecem seu desenvolvimento.

Os resultados das análises físico-química da água em pré e pós-tratamento no ‘olho d’água cinza’ encontram-se na Tabela 4.

Os resultados apresentados na Tabela 4 atestam que a água submetida a tratamento no ‘Olho d’água cinza’ atende a



todas as exigências da Portaria 888/2021 para potabilidade humana. Vale ressaltar mais uma vez que não é o objetivo deste trabalho, mas garante ao usuário uma segurança maior manejo da irrigação e dessedentação dos animais.

A água tratada pelo olho ‘d’água cinza’, com base nos dados de sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, utilizando o software Qualigraf da FUNCEME foi classificada como água doce de acordo com a classificação proposta pela Resolução CONAMA 357/2005.

Constatou-se uma redução considerável de cloretos (48%) ficando bem abaixo do limite máximo. De acordo com Leuck (2008), a elevada concentração de cloretos, alcalinidade e sólidos suspensos nas águas cinzas podem causar malefícios ao meio ambiente, tais como: danificação da estrutura do solo e degradação dos corpos d’água.

**Tabela 4** - Média das Análises físico/química de água submetidas ao tratamento no ‘olho d’água cinza’ realizadas nos anos 2021/2022.

| Parâmetros   | ANO 2021/2022  |                | Portaria nº 888/2021<br>Ministério da Saúde |
|--|----------------|----------------|---|
|  | Pré-tratamento | Pós-tratamento |   |
| Nitrato N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> ) | 5,34           | 4,00           | 10,0  |
| Nitrito N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> ) | 0,67           | 0,00           | 1,00  |
| Nitrogênio Amoniacal NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )   | 4.50           | 0,30           | 1,20  |
| Alumínio Al (mg L <sup>-1</sup> )                            | 0,03           | 0,00           | 0,20  |
| Cloretos Cl (mg L <sup>-1</sup> )                            | 187,00         | 97,00          | 250,00                                      |
| Manganês (mg L <sup>-1</sup> )                               | 0,27           | 0,00           | 0,10  |
| Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )             | 376,00         | 98,00          | 500,00                                      |
| Turbidez (UNT)   | 7,89           | 1,00           | 5,00  |
| Cloro residual (mg L <sup>-1</sup> )                         | 0,00           | 0,00           | 0,2 – 2,00                                  |
| Odor (Intensidade)   | 1,0            | 0,00           | 6,00  |
| Sulfeto de Hidrogênio (mg L <sup>-1</sup> )                  | 1,89           | 0,02           | 0,05  |
| pH   | 7,56           | 7,65           | 6,0 – 9,5                                   |
| Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )                 | NA             | 0,15           | 0 – 3,0                                     |
| Alcalinidade CaCO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )         |                | 87,0           |   |

Laboratório: LATECSAM Juazeiro do Norte \* NA- Não Analisado.

O sistema de tratamento ‘olho d’água cinza’ neste estudo, reduziu a turbidez em 87,32% evidenciando que a filtragem física, química e biológica, incluindo as plantas e o esquema de três filtros sequenciados contribuíram para este resultado muito positivo, conforme Figura 3.

**Figura 3** - Turbidez da água coletada em pré e pós-tratamento, Serra da Minguiriba.Crato/CE. 2021.



Fonte: Autores (2022).

Como a água no pré e pós-tratamento não foram cloradas, os valores apresentados nas análises não apontam valores detectáveis e, portanto, não atendem aos requisitos de potabilidade de acordo com a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Vale ressaltar segundo Souza et al. (2012) que, quando usado de maneira inadequada, além da toxicidade provocada pelo lançamento de efluentes clorados às comunidades aquáticas dos corpos hídricos, a partir da década de 1970 o uso do cloro começou a ser questionado pela descoberta da formação dos trihalometanos (THMs) e outros subprodutos potencialmente cancerígenos à saúde humana e indesejáveis ao ambiente.

Chama também a atenção para o parâmetro odor que após o tratamento inexistia qualquer cheiro característico ou pútrido, muito presente no efluente não tratado. Este fato também é comprovado pelo resultado muito baixo do sulfeto de hidrogênio ( $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ ). O pH de 7,65 está dentro da normalidade, compatível com águas provenientes de banheiro, indicando que os produtos usados no banho e lavagem de roupa, contribuem para elevar o pH sem, no entanto, comprometer o reuso.

Quanto maior o teor salino de uma solução, maior será a sua condutividade elétrica (CE) (Almeida, 2010). A água do poço artesiano que abastece a residência historicamente apresenta baixa CE resultando também em uma condutividade elétrica muito baixa encontrada neste estudo ( $0,15 \text{ dS m}^{-1}$ ) não oferecendo riscos à irrigação.

A alcalinidade encontra-se com valor aceitável. Para Libânio (2005) a alcalinidade pode ser decorrente do pH. Nas águas com pH entre 4,4 e 8,3, como é o caso específico das amostras analisadas, a alcalinidade será devida apenas bicarbonatos, pH entre 8,3 e 9,4 a carbonatos e bicarbonatos, pH maior que 9,4 a hidróxidos e carbonatos. As águas naturais no Brasil apresentam alcalinidades inferior a  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ .

#### 4. Considerações Finais

A tecnologia ‘Olho d’água cinza’ se mostrou eficiente, funcional e exequível de replicação em outras comunidades rurais por se constituir em sistemas simplificados para residências unifamiliares. A implantação de novas tecnologias de tratamento de águas residuais se torna uma alternativa viável e de baixo custo para auxiliar na produção agrícola e animal. Além disso possibilita um destino eficiente e ecológico para essas águas que antes seria lançada diretamente no solo sem nenhum tratamento.

Os resultados indicam que nas condições em que foi realizado o presente estudo a qualidade da água cinza, após tratamento na tecnologia ‘olho d’água cinza’ atende às exigências de qualidade para dessedentação animal e irrigação por gotejamento na agricultura familiar.

O reuso de águas cinzas surge como alternativa para suprir a baixa oferta hídrica e irregular de regiões com o semiárido, Tecnologia social como o ‘olho d’água cinza’ é de extrema importância, principalmente para contribuir com desenvolvimento sustentável, potencializar a agricultura familiar, reduzir cargas poluentes emitidas em corpos receptores e contribuir para saúde da família rural.

#### Referências

- Arora, S., Rajpal, A., Bhargava, R., Pruthi, V., Bhatia, A., & Kazmi, A. A. (2014). Antibacterial and enzymatic activity of microbial community during wastewater treatment by pilot scale vermifiltration system. *Bioresource technology*, 166, 132-141.
- Almeida, O. A. (2010). *Qualidade da água de irrigação*. Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Ayers, R., & Westcot, D. A. qualidade da água na agricultura Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. *Estudos FAO: Irrigação e Drenagem*, 29.
- Barros, H. M. M., Barros, M. K. L. V., de Pádua Souza, L., Chicó, L. R., & Barosi, K. X. L. (2015). Reuso de água na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(5), 3.
- Brasil, F. D. S. (2013). Manual prático de análise de água. FUNASA.
- Brasil. (2016). *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano* (11a ed.). <[http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz\\_nacional\\_agua\\_consumo\\_humano.pdf](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_agua_consumo_humano.pdf)>.

- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2010). *Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo 2007 - 2009*. (Série Relatórios). <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>>
- COEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente (2017). Resolução nº 02, de 2 de fevereiro de 2017.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (2005). Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.
- CONAMA (2011). Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011). *Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011*. <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-430-2011.pdf>
- Feitosa, A. P. (2016). Avaliação de sistema de tratamento da água cinza e reúso da água no semiárido brasileiro.
- Farias, T. S. U. D. (2017). As experiências de reúso de água no nordeste: elaborações em torno da emergência de uma " questão hídrica".
- Franca, C. L. E., de Amorim, M. C. C., Olszewski, N., & dos Santos Belém, C. (2022). Uso de água cinza tratada na irrigação de frutícola no semiárido: aspectos legais e qualidade do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 17(3), 167-177.
- Fundação Banco do Brasil (2017). *Orientações para utilização do Selo de Certificação de Tecnologia Social da Fundação Banco do Brasil*. <https://www.fbb.org.br/images/Documentos/Identidade%20Visual/Manual%20de%20uso%20do%20selo%20de%20certifica%C3%A7%C3%A3o%20em%20tecnologia%20social.pdf>
- Henz, F. M., Paula, L. R., Neves, M. I., Ribeiro, N. T., & Bortolini, J. (2016). Reuso da água para fins agrícolas. *Anais da X SEAGRO, Agronomia, Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel-PR*.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2022). *Normais climatológicas: 1991-2020*. Brasília.
- Libânio, M. (2005). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Átomo.
- Matsumura-Tundisi, T. José Galizia Tundisi & Takako Matsumura-Tundisi. (2020). *A Água*. Scienza.
- Macêdo, J. A. B. D. (2002). Introdução a química ambiental: química & meio ambiente & sociedade. *Jorge Macêdo*.
- Mateo-Sagasta, J. (2017). Reutilización de aguas para agricultura en America Latina y el Caribe: estado, principios y necesidades. In Spanish.
- Ministério da Saúde (2021). Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>
- OMS, O. (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. *Informe técnico 778. OMS, Ginebra*.
- Oliveira, D. G. & Lovo, I. A. Técnicas de Captação e Reuso de Água Em Residências. IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental São Bernardo do Campo-São Paulo. 2018. 4p.
- Oliveira, D. G., & Lovo, I. A. (2018). Técnicas de captação e reúso de água em residências. <<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/07/T%C3%89CNICAS-DE-CAPTA%C3%87%C3%83O-E-REUSO-DE-%C3%81GUA-EM-RESID%C3%84NCIAS.pdf>>
- Rocha, F. A., Silva, J., & Barros, F. (2010). Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira. *Enciclopédia Biosfera*, 6(11).
- Rosal, G. B., Bezerra, B. R., da Silva, A. R. A., Batista, M. A. V., de Miranda, E. P., & Fernandes, C. N. V. (2021). Reúso de água cinza e água subterrânea na produção de rabanete cultivado com diferentes fertilizantes orgânicos. *Ciências Rurais em Foco Volume 5*, 34.
- Rothmund, K., & Junior, A. M. B. (2018). Avaliação da viabilidade e proposta de tratamento de efluente doméstico em universidades através de um vermifiltro com minhocas da espécie *Eisenia andrei*. 11.
- Santos, A., Rodrigues, M. H. B. S., da Silva, G. V., Gomes, F. A. L., da Silva, J. N., & de Almeida Cartaxo, P. H. (2020). Importância do reúso de água para irrigação no Semiárido. *Meio Ambiente (Brasil)*, 2(3).
- Silva, N. D., Cantúcio Neto, R., Junqueira, V. C. A., & Silveira, N. F. D. A. (2005). Manual de métodos de análise microbiológica da água. In *Manual de métodos de análise microbiológica da água* (pp. 165-165).
- Silva, S. A., & Oliveira, R. D. (2001). Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. *Campina Grande: DEC/CCT/UFPG*.
- Souza, J. B., de S Vidal, C. M., Cavallini, G. S., Quartaroli, L., & Marcon, L. R. C. (2012). Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, 33(2), 117-126.
- Wikipédia - <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_mesorregiões\\_e\\_microrregiões\\_do\\_Ceará](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregiões_e_microrregiões_do_Ceará)>